

SUJETS DE TRAVAUX PRATIQUES N° 3

Ce document comporte 7 pages.

ONDES ET OSCILLATEURS

Du 18 décembre 2007 au 15 janvier 2008

Groupes préparant le TP de 14h à 16h

Date	Sujet A (page 2)	Sujet B (page 4)	Sujet C (page 6)
18/12	OUKRID, ROCHER	JOUINI, BORRON	THIZY, FRÉCHARD
	BONNEVIALLE, RICCI	DUBANCHET, GIRON	LE VAN, LEPIN
	PETRIDES, POUGET	DOUSSON, ROLAND	TAUNAY
08/01	JOUINI, BORRON	THIZY, FRÉCHARD	OUKRID, ROCHER
	DUBANCHET, GIRON	LE VAN, LEPIN	BONNEVIALLE, RICCI
	DOUSSON, ROLAND	TAUNAY	PETRIDES, POUGET
15/01	THIZY, FRÉCHARD	OUKRID, ROCHER	JOUINI, BORRON
	LE VAN, LEPIN	BONNEVIALLE, RICCI	DUBANCHET, GIRON
	TAUNAY	PETRIDES, POUGET	DOUSSON, ROLAND

Groupes préparant le TP de 16h à 18h

Date	Sujet A (page 2)	Sujet B (page 4)	Sujet C (page 6)
18/12	DUMAS, GIRAUD	SALQUE, PLASSARD	LEROY, MEYER
	COSTON, DONELLY	DURANTIN, MOLINIER	GRAND, COURTINE
	LÊ, BARRELLON	BROSSARD, CHIRON	
08/01	SALQUE, PLASSARD	LEROY, MEYER	DUMAS, GIRAUD
	DURANTIN, MOLINIER	GRAND, COURTINE	COSTON, DONELLY
	BROSSARD, CHIRON		LÊ, BARRELLON
08/01	LEROY, MEYER	DUMAS, GIRAUD	SALQUE, PLASSARD
	GRAND, COURTINE	COSTON, DONELLY	DURANTIN, MOLINIER
		LÊ, BARRELLON	BROSSARD, CHIRON

A : Ondes centimétriques

A-1 : Description

Dans un guide d'ondes à section rectangulaire, on étudie la propagation d'ondes transverses électriques caractérisées par le champ électrique $\vec{E} = E_0 f(x) \exp[i(\omega t - kz)] \vec{e}_y$ entre les plans métalliques conducteurs $x = 0$ et $x = a$ formant le guide d'ondes (cf. figure 1).

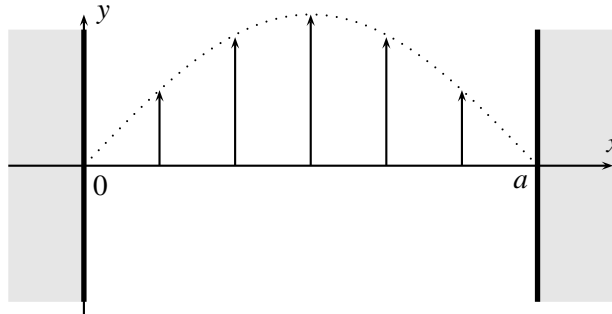


FIG. 1 – Guide d'ondes (champ électrique dans le cas du mode $n = 1$)

On utilisera un émetteur hyperfréquence constitué d'un oscillateur à diode Gunn, alimenté en courant continu (n'utiliser que le transformateur adapté). La mesure du signal reçu est faite au moyen de récepteurs dédiés, délivrant une tension continue.

- 1. Expliciter l'équation de propagation du champ dans le vide entre les plaques.
- 2. Compte tenu des conditions aux limites, montrer qu'à une constante multiplicative près, on a nécessairement $f(x) = \sin \frac{n\pi x}{a}$ où $n \in \mathbb{N}$ est le *numéro de mode*.
- 3. Écrire l'équation de dispersion liant k , ω , c , et a . Montrer l'existence d'une pulsation de coupure basse ω_n pour chaque mode n .
- 4. Avec $a = 22,7$ mm, comment choisir la fréquence d'oscillation pour que seul le mode $n = 1$ puisse se propager dans le guide ?
- 5. Montrer alors que l'équation de dispersion peut s'écrire sous la forme $\frac{1}{\lambda_{\text{vide}}^2} - \frac{1}{\lambda_{\text{guide}}^2} = \frac{1}{4a^2}$.

A-2 : Mesures dans le vide

Disposer l'émetteur, muni de son cornet, en face d'un miroir métallique en incidence normale de façon à réaliser des ondes stationnaires (cf. fig. 2).

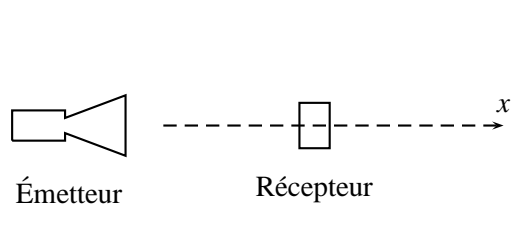


FIG. 2 – Ondes centimétriques stationnaires

- 6. En déplaçant le récepteur, rechercher les ventres de vibration. En déduire une mesure de λ_{vide} .
- 7. Quelle est la précision de la mesure réalisée ?
- 8. Quelle est la fréquence associée ? Commenter.

A-3 : Mesures avec le guide d'ondes

- 9. Disposer l'émetteur, sans son cornet, à l'extrémité du guide d'ondes. Disposer à l'extrémité de celui-ci une impédance terminale très grande (tube ouvert) ou bien très faible (tube fermé par un court-circuit). Quel est l'intérêt de cette opération ?
- 10. En déplaçant le récepteur, rechercher les ventres de vibration. En déduire une mesure de λ_{guide} .
- 11. Quelle est la précision de la mesure réalisée ?

A-4 : Exploitation des résultats

- 12.** Vérifie-t-on la relation de dispersion ? Avec quelle précision ?
- 13.** À la fréquence mesurée, quel est le nombre de modes qui peuvent se propager dans le guide d'ondes ?
- 14.** On s'intéresse au mode $n = 1$. Calculer le champ magnétique, le vecteur de Poynting et la moyenne de la densité volumique d'énergie électromagnétique dans une section droite du guide d'ondes. Quelle est la vitesse de l'énergie ? Faire l'application numérique.

B : Polarisation et diffraction de la lumière

B-1 : Polarisation de la lumière

Le montage à réaliser est présenté sur le schéma ci-dessous.

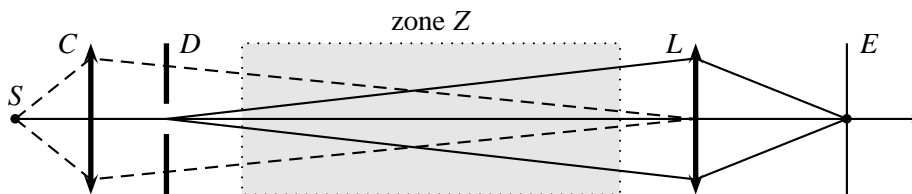


FIG. 3 – Montage d'étude de la polarisation de la lumière

1. Au moyen d'un condenseur C, faire l'image d'une source S (lampe monochromatique à vapeurs de Sodium) au centre d'une lentille convergente L placée loin du condenseur. Pourquoi doit-on réaliser cette opération ?

Disposer un diaphragme à iris D juste après le condenseur. Faire, à l'autre bout de la table, l'image de l'iris dans le plan d'un écran E ou de la cellule de mesure d'un luxmètre ; attention à ne pas saturer l'appareil ! Vérifier la qualité de l'image en liaison avec l'alignement optique.

Toutes les mesures de luminosité seront précédées d'une mise à zéro de la valeur lue en présence de la seule lumière parasite (il suffit de masquer le faisceau direct).

Tous les dispositifs polarisants seront disposés dans la zone marquée Z sur le schéma ; on devra donc veiller à ce que les faisceaux lumineux soient, dans cette zone, quasiment parallèles. Il faudra donc éloigner le plus possible l'écran E de la lentille L.

2. Dans le faisceau de sortie du diaphragme, disposer deux polariseurs rectilignes (polaroïds) faisant entre eux un angle arbitraire α . On choisira l'origine des angles de sorte que $\alpha = 0$ corresponde à un maximum de lumière.

3. Compléter le tableau ci-dessous ; tracer la courbe donnant l'éclairement $\mathcal{E}(\alpha)$; proposer et justifier une modélisation mathématique de celle-ci.

α	0	30°	45°	60°	90°	120°	135°	150°	180°
$\mathcal{E}(\alpha)$ (lux)									
$\mathcal{E}(\alpha)/\mathcal{E}(0)$	1								

4. Procéder à nouveau de même que pour l'étude de la loi de Malus, en remplaçant le polariseur d'entrée par un « polariseur elliptique ». Attention ; ce dernier a un sens d'utilisation (face d'entrée \neq face de sortie). Qu'observe-t-on et que peut-on en déduire ?

B-2 : Diffraction de la lumière

Le montage à réaliser est présenté sur le schéma ci-dessous.

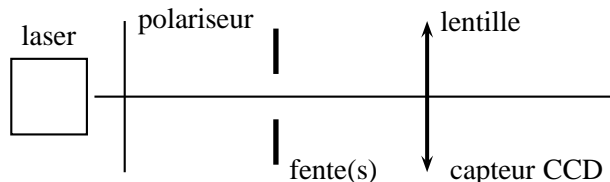


FIG. 4 – Diffraction par un système de fentes fines

5. Réaliser l'alimentation (continu 12 V) d'un laser à semi-conducteurs ($\lambda_0 = 670$ nm) et disposer devant celui-ci un polariseur rectiligne. Observer l'effet de la rotation de ce polariseur sur l'intensité du faisceau de sortie. Expliquer.

Dans la suite, on utilisera le polariseur pour moduler la puissance du faisceau de sortie, afin d'éviter la saturation du détecteur.

Disposer sur le trajet du faisceau un diaphragme percé d'une fente. Observer la figure de diffraction, sur un écran (feuille de papier) intercalé sur le trajet du faisceau.

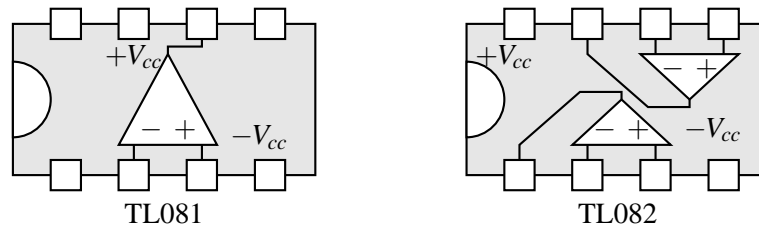
Au moyen d'une lentille de 20 cm de focale, réaliser la focalisation de cette figure sur le plan d'entrée d'un détecteur CCD (dispositif à couplage de charge).

Celui-ci est constitué de 1 024 détecteurs identiques de $14 \mu\text{m}$ de largeur, délivrant un courant électrique proportionnel à l'éclairement de chaque détecteur.

- 6.** Observer le signal à l'écran de l'oscilloscope, en affichant deux signaux identiques pour deux balayages consécutives de la barrette CCD. Quelle est la fréquence du balayage de la barrette CCD complète ?
- 7.** Observer le détail du signal. Quelle est la durée de balayage d'une des cellules du capteur CCD ? En déduire un étalonnage de la base de temps en termes de largeur dans le plan d'observation.
- 8.** Observer et commenter les figures observées lors de la diffraction par une, deux, trois et quatre fentes. Comparer aux prévisions théoriques. On joindra au compte-rendu la figure de diffraction imprimée, au moins dans le cas de deux fentes.
- 9.** En déduire une mesure de la largeur commune des deux fentes et une mesure de la distance séparant deux fentes voisines.

C : Oscillateurs électroniques

Les connexions des simple et double AO à entrée FET sont rappelées sur le schéma ci-après.



C-1 : Étude d'un oscillateur quasi-sinusoidal à pont de Wien

Le montage étudié (fig. 5) comprend un amplificateur opérationnel de gain μ ; les résistances a et b sont réalisées au moyen d'un potentiomètre unique de 10 k Ω (de sorte que $a + b = 10$ k Ω) et on prendra $R = 10$ k Ω et $C = 10$ nF.

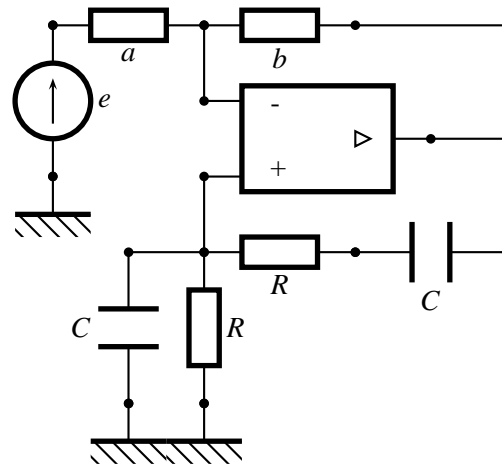


FIG. 5 – Oscillateur à pont de Wien

- 1. Montrer que la tension $\varepsilon = v_+ - v_-$ peut être reliée à la tension de sortie de l'AO v_s et à la tension d'entrée e délivrée par le générateur par la relation $\varepsilon = \beta v_s + \gamma e$, où on exprimera β en fonction de R , C , a , b et de la pulsation ω des signaux.
- 2. Étudier les conditions d'oscillation spontanée, et de stabilité.
- 3. Réaliser le montage avec $e = 0$. Observer les oscillations quasi-sinusoidales, mesurer leur fréquence et le rapport a/b (naturellement, on devra débrancher les résistances a et b avant de mesurer leur valeur au moyen d'un contrôleur) ; comparer à la valeur théorique.

C-2 : Étude d'un oscillateur astable à relaxation

Le montage étudié (fig. 6) comprend deux amplificateurs opérationnels et deux circuits de charge identiques, qui seront réalisés avec $R = 1$ k Ω et $C = 100$ nF. Le générateur de tension E délivre une tension constante qui vérifie $0 < E < U_{\text{sat}}$.

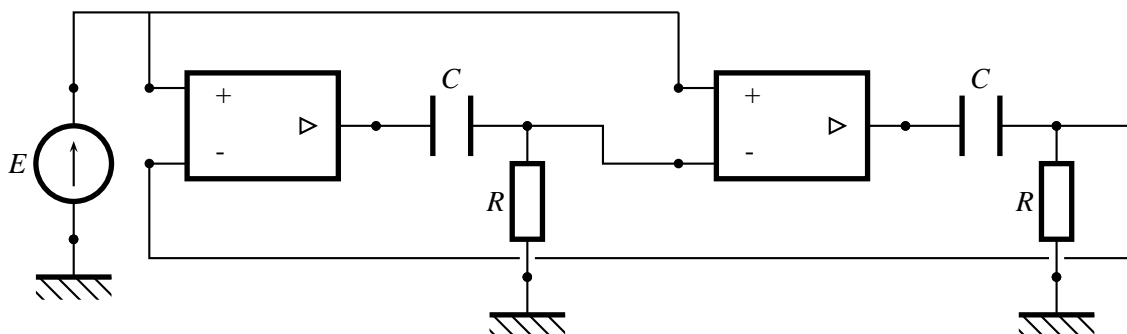


FIG. 6 – Oscillateur à relaxation

- 4.** Réaliser le montage avec $E = 6 \text{ V}$. Étudier le comportement des tensions d'entrée v_{1-} et v_{2-} des deux amplificateurs opérationnels au cours du temps. Mesurer leurs périodes.
Étudier de même le comportement des deux tensions de sortie v_{1s} et v_{2s} au cours du temps.
- 5.** Supposant d'abord l'un des amplificateurs opérationnels en saturation négative, montrer que l'autre est alors forcément en saturation positive, et vice-versa. On pourra supposer que les condensateurs sont initialement déchargés.
- 6.** En déduire que le fonctionnement ultérieur du montage est bien conforme aux observations. Calculer la période des oscillations. Comparer la valeur mesurée aux calculs effectués.
- 7.** Quelle est l'influence de E ? Vérifier expérimentalement.
- 8.** Comment, à partir de ce montage, peut-on générer des créneaux de rapport cyclique (rapport des durées haute et basse du créneau) variable ? Vérifier expérimentalement.